

Istituto di Psicologia sperimentale (fondazione E. E. Pellegrini)
della R. Università di Torino, diretto dal Prof. FEDERICO KIESOW

PROF. F. KIESOW

:: Della causa per la quale oggetti freddi posti sulla pelle vengono percepiti più pesanti di quando sono riscaldati; e di altri fenomeni affini



STABILIMENTO POLIGRAFICO
EMILIANO — BOLOGNA — 1912

Estratto dalla *Rivista di Psicologia (già Rivista di Psicologia applicata)*

Diretta dal prof. G. C. Ferrari

Anno VIII, num. 3 - Maggio-Giugno 1912



Dono dell' Autore



Ad E. H. Weber si devono le prime osservazioni intorno al fatto, che l'intensità della sensazione di peso, determinata da un oggetto posto sulla pelle, non dipende unicamente dalla sua azione meccanica, ma anche dalla sua temperatura. Egli infatti scoprì che un oggetto raffreddato messo sulla pelle viene apprezzato più pesante di un altro eguale ma caldo. In esperienze eseguite sulla superficie della fronte, constatò che due talleri nuovi posti l'uno sull'altro e riscaldati a 37°-38° C. parevano avere peso eguale a quello di un solo tallero raffreddato a -4° fino a -8° C., anzi a volte quest'ultimo appariva persino più pesante. (1)

Più tardi lo Szabadfoeldi si occupò dello stesso problema. Egli sperimentò con dischi di legno duro riscaldati fino a 50° C. e più, e li confrontò con altri eguali o di poco maggiori, di temperatura indifferente. Trovò così che anche og-

---

Un lavoro più esteso sullo stesso argomento venne pubblicato nel l' « Archiv für die gesamte Psychologie », XXII, p. 50, 1911.

(1) E. H. Weber: *Die Lehre vom Tastsinne und Gemeingefühle,* Estratto, p. 44, 1851.

getti fortemente riscaldati vengono sentiti più pesanti. Fece però rilevare che il fenomeno osservato da lui va soggetto, come quello di WEBER, a numerose variazioni, perchè tanto l'ampiezza, che lo spessore ed il peso assoluto dello stimolo avrebbero influenza su di esso. (1)

Questi fenomeni, dei quali SZABADFOELDI non aveva cercato la spiegazione, vennero più tardi presi in considerazione da FICK e WUNDERLI, (2) come pure da FUNKE, (3) BLIX, (4) GOLDSCHEIDER, (5) DESSOIR (6) e da altri, senza che ai fatti già conosciuti altri ne venissero aggiunti.

WEBER trasse dalla sua scoperta occasione, per affermare l'esistenza di un unico apparecchio nervoso per le sensazioni di pressione e di temperatura, che egli considerò come estrinsecazioni di un unico senso. Egli supponeva che anche le sensazioni di caldo e di freddo, che designava come grandezze positive e negative, fossero, al pari di quelle tattili, dovute ad effetti di pressione e di trazione, che cambiamenti di temperatura dovrebbero, secondo leggi fisiche, produrre nell'interno della pelle; e riteneva che tali effetti nel caso delle sensazioni tattili avvenissero in una direzione ben determinata, mentre per le sensazioni termiche avrebbero luogo in direzioni molteplici. Ciò premesso, WEBER giungeva alla conclusione che, nel caso in cui il peso raffreddato è percepito come più pesante, si abbia una sommazione della sensazione di freddo con quella di pressione; e che nel caso contrario, il caldo, agendo come pressione negativa, diminuisca la sensazione di peso. FICK, sostenitore della teoria dell'energia specifica dei nervi, giunse, insieme al suo discepolo WUNDERLI, per via sperimentale, a fatti, che egli credette di poter mettere d'accordo con quella teoria. Avendo trovato che in certe con-

---

(1) M. SZABADFÖLDI, « Moleschott's Unters. », IX, p. 625, 1865.

(2) A. FICK, « Moleschott's Untersuchungen » etc. VII, p. 393, 1860. A. WUNDERLI: *Exper. Beiträge zur Physiol. d. Tastsinnes. Diss.* Zürich 1860.

(3) O. FUNKE, « Hermanns Handbuch d. Physiol. », III, 2, p. 289 seg. 1880.

(4) M. BLIX, « Zeitschrift für Biologie », XX, p. 144, 1884.

(5) A. GOLDSCHEIDER: *Gesammelte Abhandlungen.* I, p. 53, 1898.

(6) M. DESSOIR, « Archiv. f. Anat. u. Physiol ». Physiol. Abt. 1892, p. 304.

dizioni stimoli tattili e termici di poca intensità non si possono più distinguere fra di loro, FICK credette di poter affermare che anche la natura delle sensazioni di tatto e di temperatura sia in fondo eguale.

FUNKE trovò insostenibile tanto l'interpretazione di WEBER quanto quella di FICK. Egli fu tra i primi a sostenere l'assoluta indipendenza degli apparecchi nervosi per le sensazioni di tatto e di temperatura. I risultati di FICK e WUNDERLI dimostrano, secondo FUNKE, solamente che, per gli stimoli di pressione e di temperatura esiste un valore di soglia, al di sotto del quale non è più possibile distinguere fra le rispettive sensazioni. In seguito alle note scoperte di BLIX, DONALDSON, GOLDSCHEIDER e di altri, FICK trasformò la sua teoria nel senso che vi sarebbero tre modificazioni dell'energia specifica del senso tattile in relazione a tre specie di terminazioni nervose.

GOLDSCHEIDER tentò una spiegazione dell'esperimento di WEBER ammettendo che le sensazioni di freddo ottenute dall'eccitamento di punti freddi di poca intensità si possano, senza il necessario esercizio, scambiare per sensazioni di pressione che si associerebbero a quelle prodotte dal peso.

DESSOIR vide la soluzione del problema nel fatto che ogni raffreddamento dà origine ad una contrazione della pelle per la quale un numero maggiore di terminazioni nervose verrebbe portato a contatto della superficie premente.

Poichè questi problemi mi interessavano vivamente, li ho fatti oggetto di una nuova ricerca. Desideravo anzitutto giungere a porre maggiormente in chiaro i dati di WEBER e di SZABADFOELDI e il loro rapporto reciproco, visto che essi, considerati superficialmente, sembrano alquanto contraddirsi. Inoltre speravo di trovare per questi curiosi fenomeni, una spiegazione che andasse d'accordo coi fatti recentemente assodati nel campo delle sensazioni cutanee.. Il Dott. CHINAGLIA (1) venne da me incaricato di una parte di queste ricer che, che io stesso ho poi continuate.

---

(1) L. CHINAGLIA, « Atti della R. Acc. delle Scienze di Torino », XLV, p. 356, 1910.

Poichè WEBER consiglia di sperimentare sulla fronte, e anche SZABADFOELDI ottenne in tale regione i risultati più chiari, così anche noi abbiamo ivi eseguito la maggior parte delle nostre ricerche, alle quali parteciparono pure altri membri dell' Istituto da me diretto. I soggetti si fecero a tale scopo coricare comodamente su un tavolo. Come stimoli vennero adoperati dei dischi di legno di faggio, di vario diametro e di uno spessore di 3 mm., e diverse monete italiane d' argento, di rame e di nichelio. Tutti questi dischi vennero riscaldati in apposito termostato, e raffreddati racchiudendoli in una scatola di latta immersa in liquidi a temperatura diversa, o in una miscela frigorifera. In quest' ultimo caso essi potevano venir portati ad una temperatura di -5° C.

Per ciò che concerne l'applicazione degli stimoli, essi venivano posti sulla pelle tanto contemporaneamente quanto anche successivamente. Il WEBER nelle sue esperienze aveva seguito quest'ultimo metodo. Il risultato è nei due casi, per quanto si potè constatare, pressochè identico. Poichè, però, l'applicazione contemporanea presenta dei vantaggi, in quanto le impressioni possono così venire confrontate tra loro immediatamente, essa venne più tardi di preferenza adottata.

Riguardo alle parti del corpo, sulle quali i fenomeni in questione sono più evidenti, nessuna si dimostra più adatta della fronte; tuttavia si riesce a provocarli più o meno bene anche su altre regioni cutanee, come la regione temporale, le palpebre, gli zigomi, le guancie, il mento, la punta del naso, il lobo dell'orecchio, la nuca, il dorso della mano, la regione mediana della superficie dell'avambraccio, ecc. Meno bene i fenomeni si osservano sulla palma della mano, sui polpastrelli delle dita, sulla porzione sternale ed epigastrica del tronco, sulla rotula, ecc.

Colle sue esperienze il dott. CHINAGLIA potè confermare in generale i risultati di WEBER e di SZABADFOELDI; tuttavia trovò che le differenze percepite nell'esperimento di SZABADFÖLDI sono minori di quelle ottenute col metodo di WEBER

Per ciò che concerne l'obbiezione fatta da SZABADFÖLDI, si deve concederle solo un valore relativo, poichè, per quanto riguarda l'esperimento di WEBER, stando alle mie ricerche,

solo l'ampiezza degli oggetti esercita un'influenza sull'apprezzamento della pressione, mentre il peso assoluto non ne esercita alcuna. E ciò vale non solo per dischi di metallo o di legno ma anche per oggetti di altra natura.

Il fenomeno rimane evidente anche quando si fanno le esperienze con liquidi, per es., con dell'acqua. Se si fa cadere leggermente sulla fronte una goccia d'acqua poco riscaldata ed un'altra a 0° C., la prima non desta che una leggerissima sensazione di pressione, e solamente nel momento dell'applicazione, mentre la seconda ne produce una abbastanza intensa. Il fatto si osserva in modo evidentissimo, quando si imbeve un disco di carta da filtro, di etere o cloroformio e lo si pone sulla fronte accanto ad un altro asciutto ugualmente grande. Mentre quest'ultimo non viene sentito affatto, il primo, in seguito all'evaporazione del liquido, produce una sensazione di freddo insieme ad un'altra abbastanza forte di pressione. In simil modo agisce una goccia di etere o di cloroformio che si lasci cadere con precauzione sulla fronte. Nel medesimo tempo si osserva come coll'evaporazione del liquido, la pressione diminuisca gradualmente e finalmente scompaia col liquido. Si ha l'impressione come se un peso messo sulla fronte diventasse gradualmente più leggiero e venise alla fine tolto. Lo stesso si può osservare lasciando una goccia di acqua fredda sulla pelle, finchè essa abbia raggiunto la temperatura di questa. (1)

In tutti codesti casi non si può parlare di una sommazione o fusione delle sensazioni, poichè lo stimolo meccanico è così debole da suscitare appena appena una sensazione tattile, ma deve essere invece lo stesso stimolo di freddo che da solo produce la sensazione di pressione.

Il fatto che non è il peso assoluto degli oggetti prementi ma soltanto la loro ampiezza che influisce sull'apprezzamento, risulta dai dati che seguono, ricavati da due soggetti diversi. Le esperienze vennero fatte nel primo caso con monete, nel secondo con queste e con dischi di legno. Poichè

---

(1) Cfr. per questi fatti: L. CHINAGLIA, *op. cit.*

tali oggetti venivano sovrapposti gli uni agli altri, si mantenevano costanti le superfici stimolanti e si variavano invece i pesi. Per facilitarne l'applicazione, essi vennero talora riuniti per mezzo di un po' di lacca, oppure se ne accrebbe il peso per mezzo dei piccoli pesi di una bilancia. Le esperienze furono poi condotte prendendo sempre come stimolo normale lo stimolo freddo che rimaneva perciò costante. La temperatura di questo era di O gradi, mentre lo stimolo di confronto, di cui il peso venne gradualmente modificato, era di una temperatura che oltrepassava di poco il punto di indifferenza. Io diedi la preferenza a codeste temperature per semplificare le condizioni di esperimento. Lo stimolo freddo non era in questo caso eccessivo, e quello caldo non produceva alcun disturbo, di modo che il soggetto poteva concentrarsi meglio sugli apprezzamenti di pressione. D'altra parte se si fosse mantenuto lo stimolo di confronto esattamente alla temperatura della pelle, determinata in antecedenza, si correva il rischio che esso, raffreddandosi un po', non apparisse più di temperatura indifferente; il che avrebbe recato disturbo. Noto ancora che la posizione dei due stimoli venne ogni volta invertita, secondo le norme consuete in ricerche psicofisiche. I risultati contenuti nelle tabelle seguenti rappresentano valori minimi, non medî. Tali valori furono arrotondati al primo decimale.

SOGGETTO *A*

Stimolo normale 0°						Stimolo di confronto Temp. quasi indifferente		
1 volta	1 Cent.	(diametro	15 mm.,	peso	1 gr.)	sentito =	12,5 gr.	rapporto 1 : 12,5
2 volte	1 »	(»	15 »	»	2 »)	» =	26,0 »	» 1 : 13
1 volta	2 »	(»	20 »	»	2 »)	» =	17,0 »	» 1 : 8,5
2 volte	2 »	(»	20 »	»	4 »)	» =	35,0 »	» 1 : 8,8
1 volta	5 »	(»	25 »	»	5 »)	» =	35 »	» 1 : 7
2 volte	5 »	(»	25 »	»	10 »)	» =	72 »	» 1 : 7,2
3 »	5 »	(»	25 »	»	15 »)	» =	105 »	» 1 : 7
4 »	5 »	(»	25 »	»	20 »)	» =	140 »	» 1 : 7
1 volta	10 »	(»	30 »	»	10 »)	» =	31 »	» 1 : 3,1
2 volte	10 »	(»	30 »	»	20 »)	» =	60 »	» 1 : 3
3 »	10 »	(»	30 »	»	30 »)	» =	92 »	» 1 : 3,2
4 »	10 »	(»	30 »	»	40 »)	» =	110 »	» 1 : 2,8

5	»	10	»	(	»	30	»	»	50 »)	»	= 140	»	» 1 : 2,8
6	»	10	»	(	»	30	»	»	60 »)	»	= 164	»	» 1 : 2,7
1 volta	1	Lira		(	»	23	»	»	5 »)	»	= 35	»	» 1 : 7
2 volte	1	»		(	»	23	»	»	10 »)	»	= 75	»	» 1 : 7,5
3	»	1	»	(	»	23	»	»	15 »)	»	= 95	»	» 1 : 6,3
1 volta	2	Lire		(	»	27	»	»	10 »)	»	= 32	»	» 1 : 3,2
2 Lire + 1 Lira				(	»	27	»	»	15 »)	»	= 52	»	» 1 : 3,5
2 volte	2	Lire		(	»	27	»	»	20 »)	»	= 80	»	» 1 : 4

SOGGETTO *B*

1. *Esperienze fatte con monete.*

Stimolo normale 0° — Stimolo di confronto Temp. quasi indifferente

1 volta	1	Cent.	(diametro	15	mm.,	peso	1 gr.)	sentito	= 13 gr.	rapporto 1 : 13
2 volte	1	»	(»	15	»	»	2 »)	»	= 24 »	» 1 : 12
1 volta	2	»	(»	20	»	»	2 »)	»	= 16 »	» 1 : 8
2 volte	2	»	(»	20	»	»	4 »)	»	= 36 »	» 1 : 9
3	» 2	»	(»	20	»	»	6 »)	»	= 54 »	» 1 : 9
1 volta	5	»	(»	25	»	»	5 »)	»	= 35 »	» 1 : 7
2 volte	5	»	(»	25	»	»	10 »)	»	= 70 »	» 1 : 7
1 volta	10	»	(»	30	»	»	10 »)	»	= 35 »	» 1 : 3,5
2 volte	10	»	(»	30	»	»	20 »)	»	= 60 »	» 1 : 3
1 volta	1	Lira	(»	23	»	»	5 »)	»	= 33 »	» 1 : 6,6
2 volte	1	»	(»	23	»	»	10 »)	»	= 63 »	» 1 : 6,3
1 volta	2	Lire	(»	27	»	»	10 »)	»	= 30 »	» 1 : 3
2 volte	2	»	(»	27	»	»	20 »)	»	= 65 »	» 1 : 3,3

2. *Esperienze fatte con dischi di legno.*

1 volta	1° disco	(diametro	11	mm.,	peso	0,27 gr.)	sentito	= 5,25 gr.,	rapporto 1 : 19,5
2 volte	1° »	(»	11	»	»	0,55 »)	»	= 10,6 »	» 1 : 19,3
1 volta	2° »	(»	18	»	»	0,5 »)	»	= 7,5 »	» 1 ; 15
2 volte	2° »	(»	18	»	»	0,95 »)	»	= 15,0 »	» 1 : 15,8
1 volta	3° »	(»	21	»	»	0,9 »)	»	= 7,5 »	» 1 : 8,3
2 volte	3° »	(»	21	»	»	1,75 »)	»	= 14,0 »	» 1 : 8,0
1 volta	4° »	(»	29	»	»	1,8 »)	»	= 7,52 »	» 1 ; 4,2
2 volte	4° »	(»	29	»	»	4,07 »)	»	= 15,5 »	» 1 : 3,8

Scorrendo queste tabelle, appare subito come tanto il peso assoluto quanto lo spessore dei dischi non abbia alcuna notevole influenza sull'apprezzamento del peso. Una moneta da un centesimo del peso di un grammo, raffreddata, viene apprezzata 13 volte più pesante di una egual moneta avente

ad un dipresso la temperatura della pelle, e questo rapporto rimane pressochè lo stesso quando il peso viene raddoppiato. Così pure monete da 10 centesimi raffreddate si apprezzano quasi tre volte più pesanti delle medesime, portate ad una temperatura indifferente, qualunque possa essere il loro peso assoluto.

Nelle tabelle si scorge inoltre chiaramente come la differenza relativa muti col variare della superficie dello stimolo, e come questo cambiamento proceda nel senso che la differenza diminuisce coll'aumento della superficie stimolante. Mentre, per es., due monete da un centesimo sovrapposte, del peso complessivo di due grammi, e raffreddate, vengono percepite ca. 13 volte più pesanti di quelle di temperatura quasi indifferente, una sola moneta da due centesimi, che è oggettivamente dello stesso peso, se raffreddata, viene apprezzata soltanto nove volte circa più pesante che non la stessa moneta a temperatura pressochè indifferente. Il diametro ammonta nel primo caso a 15, nel secondo a 20 mm. Parimenti due monete da cinque centesimi che hanno un peso complessivo di dieci grammi ed una superficie stimolante di 25 mm. di diametro, si apprezzano, se raffreddate, circa 7 volte più pesanti di quanto non lo sono, mentre una moneta da dieci centesimi di egual peso, e di superficie stimolante di 30 mm. di diametro, nelle stesse condizioni appare aumentata di peso in media solo del triplo. Lo stesso rapporto si ha fra le monete da una e due lire, ed un simile si osserva nelle esperienze con dischi di legno.

Un altro fatto che risultò dalle esperienze di CHINAGLIA, è che oggetti raffreddati posti sulla pelle ci sembrano non solo più pesanti, ma anche più larghi di altri ugualmente grandi ma riscaldati.

Un' ultima osservazione sua, degna di essere riferita, è questa: che gli oggetti posti sulla pelle sembrano affondarsi in essa in ragione inversa dell'aumento della loro temperatura. Un oggetto ben riscaldato dà l'illusione che sfiori appena le pelle; mentre uno raffreddato appare ad un livello più basso.

Come spiegare i fatti esposti? Per ciò che concerne il fe-

nomeno rilevato da WEBER stesso, bisogna convenire che una interpretazione secondo la quale si tratti unicamente di una sommazione di sensazioni, non è sostenibile. Tra i fatti che si possono opporre ad una tale interpretazione, nessuno è più convincente di questo, che insieme alla sensazione di freddo può aversi una sensazione intensa e distinta di pressione, anche quando lo stimolo esterno resti così debole che a temperatura indifferente non susciti alcuna sensazione tattile o la provochi soltanto nel momento dell'applicazione.

Neppure l'ipotesi di GOLDSCHEIDER mi sembra accettabile. Si tratterebbe in questo caso veramente di una sommazione di sensazioni, ma questo processo dovrebbe allora svolgersi in guisa che dall'insieme delle deboli sensazioni di freddo ne risultasse una più intensa o almeno chiaramente riconoscibile. Per contro non è ben comprensibile come da uno insieme di deboli sensazioni di freddo possa risultare una sensazione di pressione, e persino di tale intensità, quale si manifesta nell'esperimento di WEBER. GOLDSCHEIDER sta qui, mi pare, in contraddizione colla dottrina dell'energia specifica dei nervi che egli stesso cerca di difendere; non solo, ma sta anche in contraddizione colla sua interpretazione del fenomeno, poichè sulla fronte, dove esso è più evidente, si ha, come GOLDSCHEIDER stesso rileva, il maggior numero di punti freddi più sensibili. Stando alla sua interpretazione, il fenomeno dovrebbe qui manifestarsi debolissimo. Per di più una sensazione intensa di freddo prodotta in una regione cutanea adeguatamente da una superficie stimolante, sopprimerebbe la sensazione tattile più debole, mentre al contrario, nell'esperimento di WEBER si osserva che il peso dell'oggetto stimolante sembra essere molto aumentato. Da tutto questo risulta a sufficienza che il fenomeno in questione non si può spiegare in base alle affermazioni di GOLDSCHEIDER, neanche se si volesse tener conto del fattore dell'esercizio sul quale pure egli insiste.

Per ciò che concerne l'ipotesi di DESSOIR, conviene ammettere che la sua spiegazione abbia una certa attendibilità in quanto che un tal processo può secondariamente influire sullo svolgimento del fenomeno, ma per mia esperienza non credo

si debba vedere in esso la condizione unica ed essenziale per il sorgere del medesimo. La condizione essenziale va piuttosto ricercata nel fatto, che lo stimolo freddo determina di per sè nella pelle dei mutamenti, che, come tali, agiscono sugli organi tattili. Se si vuole quindi parlare di una sommazione questa può essere solamente pensata come sommazione degli effetti interni dello stimolo. Questo è forse il nucleo di verità contenuto nell'interpretazione di WEBER. Dopo che si è potuto stabilire che lo stimolo meccanico esterno, non è, come prima si credeva, la causa immediata dell'eccitamento degli organi della pelle, si può ritenere come certo che quest' eccitamento sia una funzione del dislivello di pressione *(Druckgefälle)* che ha luogo là ove essi si trovano. Si può inoltre ritenere come probabile che da quest'ultima risultino dei mutamenti nella concentrazione dei liquidi cellulari, e che l'eccitamento diretto degli organi tattili sia dovuto ad alterazione della pressione osmotica, cioè ad un processo chimico. Ciò premesso, e stabilito inoltre che i corpuscoli di MEISSNER e le corone nervose che circondano le guaine dei peli sono organi tattili, s'impone l'ipotesi che anche lo stimolo freddo nell'interno della pelle produca cambiamenti analoghi alle deformazioni dovute ad azioni meccaniche. Per mezzo di questi cambiamenti si avrebbe ugualmente un disturbo nell'equilibrio chimico, che a sua volta dovrebbe agire sulle terminazioni nervose tattili. Se, come fa supporre l'esperimento di MEISSNER dell'immersione della mano in mercurio, nessuna sensazione di pressione può sorgere senza che abbia luogo una deformazione del tessuto cutaneo, l'ipotesi suddetta è tanto più attendibile. È un fatto fuori dubbio che stimoli freddi producono contrazioni delle singole parti dei tessuti. Che questi processi determinino mutamenti nella concentrazione del liquido cellulare, non dovrebbe essere difficile ad ammettersi. Inoltre in favore di quest'ipotesi parla il fatto che la sensazione di pressione prodotta da uno stimolo freddo rimane ancora dopo che questo venne tolto, cioè che essa si comporta come l'immagine di pressione dovuta a stimolazione meccanica. La persistenza della sensazione di pressione dopo le azioni meccaniche, permette di concludere

che perduri la deformazione nell'interno del tessuto, e conferma il fatto che l'eccitamento degli organi tattili sia una funzione del sopra nominato dislivello di pressione. I fenomeni che si osservano in seguito all'azione di stimoli freddi, specialmente se questi hanno un valore meccanico di pressione minimo o subliminale, non si possono, mi sembra, interpretare diversamente. Si nota in questo caso come la sensazione di pressione non si presenti subito nella sua totale intensità, ma aumenti gradualmente fino a raggiungere il suo massimo. Parimenti si osserva l'estendersi della sensazione in tutte le direzioni nell'interno del tessuto, il che indica che ivi ha luogo una crescente deformazione. Quel dislivello di pressione, in cui la pressione diminuisce in ragione della profondità, si dice negativa. Da questa si deve distinguere quella positiva, della quale parleremo in seguito.

Le considerazioni fatte rendono anche comprensibile il sovrapprezzamento delle superficie stimolanti di oggetti freddi posti sulla pelle; poichè lo stimolo freddo può in tali condizioni estendersi facilmente nell' interno del tessuto e la deformazione prodotta dall'azione di entrambi gli stimoli, freddo e tattile, deve certamente estendersi di più che non quando lo stimolo meccanico agisce da solo.

Il fatto che oggetti freddi appaiono non solo più pesanti e più ampi, ma anche più affondati nella pelle di altri ugualmente grandi non raffreddati oppure riscaldati, sta a parer mio in rapporto colle osservazioni fatte da v. FREY sulla possibilità di riconoscere la direzione della deformazione. (1) V. FREY ha trovato che stimolando singoli punti tattili o pochi alla volta, viene solo percepita la deformazione come tale, ma che, qualora si voglia riconoscerne anche la direzione, occorre che gli stimoli abbiano non solo una maggiore estensione, ma anche una certa intensità e durata. A tal proposito v. FREY ha fatto numerosi esperimenti. Se stimoli di una superficie di 10 a 50 mm. erano applicati per un momento

(1) M. v. FREY: *Beiträge zur Sinnesphysiologie der Haut.* Vierte Mitteilung. « Leipziger Berichte », 1897.

solo, essi, pur determinando una forte sensazione, non permettevano ancora il riconoscimento della direzione della deformazione; ciò era possibile soltanto quando l'eccitamento aveva una durata maggiore. Poichè nel nostro caso tutte queste condizioni sono soddisfatte, e si tratta di un dislivello di pressione negativa, non si può interpretare la direzione percepita altrimenti che nel senso di un peso che tenda ad affondarsi nella pelle. Notiamo inoltre che, in seguito alle contrazioni delle singole parti del tessuto, l'epidermide in certi casi si avvicina realmente di più allo strato papillare; con che pure si accrescerebbe la sensazione e la possibilità di riconoscere la direzione della deformazione.

Infine, per quanto riguarda l'osservazione che la sensazione di peso diminuisce coll'aumento della superficie stimolante, rileviamo qui soltanto che essa sta forse in rapporto col fatto che i valori di soglia, quando vengono adoperati stimoli meccanici di superficie piuttosto ampie, non crescono proporzionalmente all'aumento della superficie deformata, ma che coll'aumento della superficie stimolante diminuisce il valore del dislivello di pressione ,e perciò anche la sensazione che ne deriva. (1)

Accanto alla condizione principale per cui, secondo me, il fenomeno in questione si sviluppa, possono in certe circostanze entrare altri fattori. Ciò varrebbe, in special modo per quei casi, in cui lo stimolo freddo è intenso e gli stimoli di pressione sono superliminali. In prima linea qui dovrebbe pensarsi all'ipotesi di DESSOIR. Come quasi certo dobbiamo ammettere inoltre che le contrazioni dei singoli tessuti siano esse pure accompagnate da deboli sensazioni. Senza dubbio ciò vale per il fenomeno che va sotto il nome di pelle anserina, e che si osserva regolarmente in seguito all'azione locale o generale del freddo sulla pelle. Forse non può nemmeno escludersi che uno stimolo freddo intenso possa suscitare deboli sensazioni dolorose che non raggiungono

---

(1) M. v. FREY e F. KIESOW, « Arch. ital. de Biologie », XXXIII, pag. 227, 1900.

la vera e propria soglia del dolore, ma che rimangono nella prima fase del loro sviluppo. Poichè sensazioni di questo genere si associano facilmente alle sensazioni di tatto o di pressione propriamente dette, mi pare probabile che in certi casi un tale processo possa accompagnare quello principale.

In ultimo potrebbe porsi la questione, se la sensazione di freddo come tale, quand'anche si faccia astrazione da una sommazione di sensazioni, possa agire fino ad un certo punto in modo da accrescere la sensazione di pressione, come avviene per le sensazioni di gusto, che sono normalmente accompagnate da impressioni tattili, ma che sotto certe condizioni possono apparire più intense per la concomitanza di altre sensazioni di carattere tattile. In questo caso il giudizio sul loro grado di intensità può esserne modificato. In simil modo una sensazione di pressione potrebbe essere resa più intensa da una sensazione di freddo che insieme ad essa entrasse nella coscienza e che provenisse dalla stessa regione cutanea; tanto più che il freddo è sempre accompagnato da un sentimento sgradevole e s'impone all'attenzione più che la sensazione tattile.

Anche WEBER accenna ad un tale rafforzamento senza però indagare più oltre il processo o mettere maggiormente in chiaro il suo pensiero in proposito. (1)

Per quanto concerne l'apparente diminuzione di peso riscaldato, fu già più sopra detto che WEBER interpretava l'influenza del caldo nel senso di una pressione negativa che agirebbe in senso contrario alla pressione prodotta dallo stimolo meccanico. WEBER prese le mosse, per l'intiera sua spiegazione, dal fatto che il calore aumenta il volume dei corpi mentre il freddo lo diminuisce. Basta pensare alle leggi fisiche per convincersi che lo stimolo caldo nell'interno della pelle deve suscitare un processo inverso a quello prodotto dal freddo. Quindi se è vera l' ipotesi, secondo cui per il dislivello negativo di pressione, prodotta nell'interno della pelle da uno stimolo meccanico, si hanno dei mutamenti nella concentra-

(1) E. H. WEBER: *op. cit.* p. 44.

zione del liquido cellulare e quindi un eccitamento dei nervi tattili, e se inoltre è vero che lo stimolo freddo produca un effetto analogo, che rafforzi quello di prima, possiamo anche supporre che l'effetto dello stimolo meccanico venga indebolito dall' azione simultanea di uno stimolo caldo, e che debba in conseguenza risultarne nella coscienza una sensazione di pressione di minore intensità. Ad ogni modo deve trattarsi in tutti questi processi di un aumento o di una diminuzione della pressione normale nei tessuti. Ora v. FREY ha dimostrato che tutte le deformazioni che avvengono nella pelle, si possono concepire come azioni di pressione o di trazione. Nel secondo caso la pressione nell'interno della pelle è positiva. Nel determinare i valori di soglia, v. FREY trovò per gli stimoli di trazione precisamente la stessa dipendenza dalla velocità di deformazione e dalla grandezza della superficie deformata che aveva trovato per gli stimoli di pressione; il che significa che gli organi messi in funzione dalle due specie di stimoli debbono essere i medesimi. (1) Se è quindi certo che la sensazione di pressione rimane sempre la stessa, sia il dislivello di pressione positiva o negativa, il fatto che oggetti riscaldati vengono percepiti più leggeri che non altri ugualmente grandi ma raffreddati o di temperatura indifferente, dovrebbe spiegarsi senza difficoltà. Ammesso che lo stimolo caldo agisca nel senso di una trazione e produca nell'interno della pelle un processo contrario a quello determinato da uno stimolo di pressione, si avrà che un processo dipendente da uno stimolo meccanico di azione simultanea e più intensa, non potrà esplicarsi interamente, poichè subirà un indebolimento a causa del processo antagonistico. In tal caso il cambiamento di concentrazione del liquido dei tessuti che provoca l'eccitamento dei nervi tattili, non può raggiungere il grado di intensità che raggiungerebbe, se lo stimolo meccanico agisse da solo. Per conseguenza la sensazione di pressione deve risultarne diminuita, e un peso che agisca sulla pelle sotto queste

(1) M. v. FREY: *Beiträge zur Sinnesphysiologie der Haut.* Vierte Mitteilung. « Leipziger Berichte », 1897.

condizioni, deve apparire più leggero di un altro della stessa grandezza, ma di temperatura indifferente. Si comprende che la differenza suddetta deve sentirsi maggiore quando uno dei due oggetti venga raffreddato e l'altro riscaldato, poichè in questi casi il primo, come già dicemmo, determina una sommazione di analoghi processi stimolatori interni, mentre il secondo dà origine a due processi, di cui l'uno indebolisce l'altro.

Il processo qui descritto è forse rafforzato anche da un altro secondario. Poichè lo stimolo caldo dilata le singole parti dei tessuti, la distanza tra lo stimolo esterno e gli organi tattili deve farsi un po' maggiore. In questo modo l'effetto dello stimolo meccanico dev'essere alquanto indebolito e perciò la sensazione che ne segue deve manifestarsi essa pure un po' meno intensamente. Può supporsi che questi due processi agiscano sempre insieme, ma deve ritenersi, secondo me, il primo caso di essi come condizione principale per il prodursi del fenomeno.

Ciò posto, è da attendersi, che si giunga, col progressivo riscaldamento di un peso posto sulla pelle, infine ad un punto in cui, in seguito al neutralizzarsi dei due processi, sparisca la sensazione di pressione determinata dallo stimolo meccanico, e che rimanga nella coscienza unicamente quella di caldo suscitata dagli organi termici propriamente detti. E difatti, per quanto mi consta, è così. Tali esperimenti riuscirono ottimamente adoperando monete (le nuove monete di nichelio) e dischi di legno di grandezza media. A questi ultimi vennero aggiunti piccoli pesi per intensificare un poco lo stimolo meccanico. Una certa difficoltà in queste esperienze è dovuta alle oscillazioni dell' attenzione. Usando, per es., un oggetto stimolatore sempre più riscaldato, si giunge ad un punto, in cui si sente alternativamente ora il caldo ed ora leggermente la pressione, di modo che è sovente difficile determinare con esattezza il momento, in cui la sensazione di pressione scompare del tutto. Ma, quantunque già l'esistenza stessa di queste oscillazioni parli in favore della mia ipotesi, posso inoltre affermare che ripetute volte sono riuscito ad ottenere una sensazione di caldo senza che essa fosse

accompagnata da una sensazione di pressione. Un altro disturbo è dato in questi esperimenti dalla difficoltà di mantenere costante la temperatura dello stimolo esterno, che si raffredda piuttosto rapidamente. Appena ciò succede, si avverte nuovamente una leggiera sensazione di pressione. Però anche questo fatto come tale si presta ad una interpretazione favorevole alla mia ipotesi.

Se si continua ad aumentare la temperatura dell'oggetto, il processo provocato dal calore nell'interno della pelle deve, secondo l'ipotesi suesposta prendere il sopravvento su quello del dislivello di pressione negativa prodotta dallo stimolo meccanico. Difatti ciò succede realmente, e con questo si spiega lo sperimento di Szabadföldi. In questo caso la sensazione di pressione equivale a quella determinata da una trazione. Per questa ipotesi diviene anche comprensibile perchè la differenza soggettiva di pressione nello sperimento di Szabadföldi sia minore che non in quello di Weber. È molto probabile però, che la sensazione di pressione così determinata venga rafforzata per una fusione con sensazioni di dolore e forse anche con deboli sensazioni di altra natura. Possiamo inoltre domandarci se nello esperimento di Szabadfoeldi le sensazioni intense di calore, che sono sempre accompagnate da sentimenti sgradevoli, non influiscano sull'apprezzamento del peso coll'imporsi anch'esse fortemente all'attenzione. Anche tale ipotesi non si può senz'altro respingere, ma è mia convinzione che questo fattore come pure le fusioni poc'anzi menzionate, possano essere di una importanza piuttosto secondaria per il sorgere del fenomeno

L'ipotesi emessa acquista maggiore probabilità dai risultati di sperimenti nei quali lo stimolo meccanico è eliminato interamente o quasi del tutto. Se adoperiamo dischi sottili di metallo, di legno, di sughero, o di carta inumidita, lo stimolo meccanico rimane senza efficacia, o si ha una debolissima sensazione di pressione solo nel momento dell'applicazione. Se riscaldiamo gradualmente tali oggetti partendo dal punto di indifferenza, osserviamo, come è da attendersi, dopo quanto fu detto, che la sensazione di pressione si manifesta assai prima che non nello sperimento di Szabadfoeldi.

Non è necessario sotto queste condizioni di aumentare il calore fino alla soglia del dolore, poichè la sensazione di pressione si sviluppa chiaramente anche quando lo stimolo è solo moderatamente riscaldato, e va diventando sempre più evidente man mano che questo si fa più intenso. In questo caso naturalmente prevale solo lo stimolo caldo e la sua azione deve compiersi nel senso di una trazione che determina indirettamente l'eccitamento degli organi tattili. La stessa sensazione, non essendovi nessun ostacolo al suo svolgimento, deve manifestarsi evidente appena la deformazione prodotta in questa direzione abbia raggiunto una certa grandezza. Il fenomeno è chiaramente osservabile anche quando si usano delle goccie d'acqua sempre più riscaldate.

Il fatto che il caldo dilata le parti cutanee, e che, agendo nel senso di una trazione, produce un dislivello di pressione positiva nell'interno della pelle, spiega anche perchè un oggetto riscaldato venga percepito come più sollevato di un altro a temperatura più bassa o indifferente. Questa differenza avvertita tra oggetti di temperatura diversa, ci colpisce sovratutto quando facciamo un confronto simultaneo tra oggetti eguali, l'uno caldo e l'altro freddo. Come già fu detto, l'oggetto riscaldato sembra sfiorare appena la pelle. Poichè, secondo le ricerche di v. Frey, la direzione della deformazione viene riconosciuta quando gli stimoli posseggano una superficie piuttosto grande, come pure una certa durata ed intensità, ed essendo queste condizioni quì realizzate, mi sembra giustificata l'ipotesi che ciò valga anche per il fenomeno in questione. Aggiungiamo che, in seguito alla dilatazione delle singole parti dei tessuti e, probabilmente , anche dei vasi sanguigni, l'oggetto riscaldato viene realmente spinto un po' più in alto, donde, come già rilevai, deve risultare un indebolimento della sensazione di pressione. Anche di questo fatto va tenuto conto. Il fenomeno perciò troverebbe una spiegazione soddisfacente nella cooperazione di questi due fattori. Ma oltre ad essi possono concorrere anche processi associativi, in quanto che la rappresentazione di un peso più leggero può destare la rappresentazione di una posizione

più superficiale; e può anche darsi che la differenza tra alto e basso talvolta appaia aumentata per contrasto.

Più difficile è forse trovare una spiegazione soddisfacente per l'apparente diminuzione della superficie stimolatrice riscaldata. Però il v. FREY ha osservato che un contatto completo della superficie stimolante colla pelle è più facile a stabilirsi per gli stimoli di pressione che non per quelli di trazione. I singoli corpi stimolatori erano nelle sue esperienze fissati alla pelle. Si doveva aver cura nell'esercitare la trazione, che la superficie stimolante non si distaccasse in nessuna sua parte, perchè si osservò che un tale distacco parziale agiva nel senso di un restringimento della superficie stimolante. (1) Quantunque gli sperimenti di v. FREY non possano senz'altro essere confrontati coi miei, tuttavia presentano con questi una certa analogia, perchè, venendo l'oggetto spinto alquanto in alto, il suo contatto colla pelle, maggiormente curvata, diventa meno completo. Per tal ragione sarà eccitato un numero minore di terminazioni nervose, e non tutte nella stessa misura, poichè è assai probabile che la stimolazione più intensa si verifichi nel centro della superficie stimolata; onde la rappresentazione di una superficie più ristretta. Non voglio negare che anche in questo fenomeno, come nei precedenti, possano entrare dei processi associativi, inquantochè la rappresentazione di un peso alleggerito potrebbe suscitare quella di un peso più piccolo, ma si comprende che ciò non può avere che un'importanza secondaria.

Rimane infine ancora da spiegare perchè i fenomeni descritti non si manifestino con uguale evidenza su tutte le regioni cutanee e perchè la pelle della fronte sia la più adatta a queste esperienze.

Anzitutto si deve prendere in considerazione il fatto che le singole regioni cutanee non posseggono la stessa sensibilità tattile. Come si scorge dai fatti sopra riportati, le regioni su cui il fenomeno si manifesta meglio, sono di preferenza quelle della faccia. Appunto in tali zone la sensibilità

(1) M. v. FREY: *op. cit.*

tattile è grande. Se si osservano la fronte, il lobulo dell'orecchio, le palpebre ed altre parti ancora della faccia sotto una luce addatta e coll'aiuto di una lente, si può facilmente constatare che esse sono come ricoperte da una fitta lanuggine, di cui ogni piccolo pelo rappresenta un singolo organo tattile.

È sorprendente però che il fenomeno sia poco evidente sulle superficie tattili propriamente dette; cioè sui polpastrelli delle dita e sulla palma della mano, regioni ricche anch' esse assai di organi tattili. La causa di ciò deve ricercarsi nello spessore dell' epidermide, in particolar modo dello strato corneo di codeste parti, perchè esso ritarda la penetrazione nella pelle dello stimolo termico.

Si deve inoltre rilevare che in quelle regioni del corpo, in cui il fenomeno si manifesta più evidente, non vi sono grandi massi di tessuti molli, che ivi la pelle riposa piuttosto su formazioni più resistenti. Potrebbe darsi che per tal fatto il processo determinato dallo stimolo termico nell'interno della pelle non potesse estendersi molto in profondità, perchè arrestato da sostanze più solide. Ciò, a parer mio, non può avere altra conseguenza che di rendere più intenso il processo che si svolge nelle parti molli sovrastanti; donde un aumento della sensazione.

Fino a qual punto siano valide le ipotesi qui emesse, deve naturalmente essere dimostrato da ulteriori ricerche; tuttavia esse non stanno, mi sembra, in contraddizione coi fatti finora conosciuti.